doi:10.13866/j.azr.2018.05.19

苹果小吉丁虫(*Agrilus mali* Matsumura)对野苹果林的危害及其评估①

崔志军[1,2], 张彦龙[3], 罗朝辉[1], 马怀亮[4], 吕昭智[1]

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院大学,北京 100049;
3. 国家林业局森林保护学重点实验室,中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,北京 100091;
4. 伊犁巩留县林业局,新疆 乌鲁木齐 835400)

摘 要: 苹果小吉丁虫(*Agrilus mali* Matsumura)自1995年入侵以来,对新疆天山北坡的野苹果林造成了巨大的威胁,但在区域尺度上的危害缺乏系统的评估。选取野苹果林典型分布区——新源县(新源改良场、八连、萨哈)和巩留县(交勒赛、小莫合、大莫合、二乡)进行试验观测,统计样地内每棵野苹果树的受害等级、果实产量、受害枝条的旧羽化孔密度等指标。结果表明:新源改良场受害最为严重,交勒赛、二乡和大莫合受害最轻;各调查点间果实产量和苹果小吉丁虫的旧羽化孔密度差异显著;在管理强度高的栽培果园内,苹果小吉丁虫的危害较轻。建议在危害严重区域(如新源)采用人工修剪措施;在适合飞机飞行的区域(如小莫合和大莫合)采用航空防治;在高山区建立围栏保护防治措施(如二乡和八连);在人工容易到达或者适合人工作业的地方,采用生物防治和人工修剪措施(交勒赛和萨哈)。

关键词: 野苹果林; 苹果小吉丁虫; 受害等级; 果实产量; 羽化孔; 天山北坡; 新疆

新疆野苹果[*Malus sieversii*(Ledeb.)Roem.]也称赛威氏苹果,是天山野果林的建群种,约占天山野果林总面积的90%[1]。新疆野苹果是现代栽培苹果(*Malus domestica* Borkh.)的祖先种[2],在种质资源利用和生物多样性保护方面具有重要的研究价值,国内大多苹果均由新疆野苹果培育而成[3],其丰富和优良的基因信息[4],引起众多学者的关注[5]。

由于气候变化和人为因素,野果林的生态系统越来越脆弱,许多珍贵物种已濒临灭绝,野果林被列为中国优先保护生态系统名录[6],作为野果林最主要的组成部分——新疆野苹果也被列为我国濒危二级重点保护植物[7]。近年来,一种钻蛀性害虫——苹果小吉丁虫(*Agrilus mali* Matsumura)从内地入侵野果林,对野苹果群落造成了毁灭性灾难。2011年,苹果小吉丁虫在野果林的发生面积达到3 866 hm^2,约占总面积的40%,在发生区的受害率可达100%,造成野苹果树大面积死亡[8]。

苹果小吉丁虫,属鞘翅目,吉丁科(Coleoptera,Buprestidae),主要取食韧皮部和木质部,是一种钻蛀类害虫。该害虫在我国原分布于吉林、辽宁、黑龙江、青海、内蒙古、宁夏、甘肃、陕西、河北、河南、山东、湖北、江苏、四川、云南等省份[9-16]。1993年,野果林主要分布区——新源县从山东引进了一批苹果树苗,王春晓等[17]在引入苗的栽培地——高潮牧场首次发现了苹果小吉丁虫,之后该害虫在伊犁河谷蔓延。1997年,该害虫传播至伊宁[18];2001年蔓延到巩留县境内,2003年在巩留县大面积受害,野苹果树的受害率达100%[8]。该害虫对野果林的健康与恢复造成了严重威胁[19]。目前,虽然有不少关于苹果小吉丁虫的研究,例如生活史、生物学习性、化学防治和生物防治等方面[19-23],但还未见采用多指标在区域尺度上综合评估野苹果林受害的报道。本文选择野苹果林的代表区域新源和巩留,对野外不同生境进行调查,采用受害等级[8,24-25]、果实产量和苹果小吉丁虫旧羽化孔密度指标反映野苹果林的受害现状,为防治苹果小吉丁虫和保护野果林生态系统提供科学依据。

① **收稿日期:** 2018-01-20; **修订日期:** 2018-03-27
基金项目: 国家重点科研项目(2016YFC0501502);中国科学院"西部之光"项目(XBBS201307)资助
作者简介: 崔志军(1992-),男,在读硕士生,主要从事动物生态学研究. E-mail:cuizhijunabc123@163.com
通讯作者: 张彦龙. E-mail:zhangyl@caf.ac.cn

1 试验材料与方法

1.1 试验样地概况

在伊犁巩留县和新源县共选取野苹果林分布的7个地点，分别为交勒赛、二乡、八连、小莫合、大莫合、新源野果林改良场和萨哈；同时，在巩留县选取4个栽培苹果园，分别是综合农场、牛场、库尔德宁镇库列村和库尔德宁镇加工厂，对研究地点进行GPS定位(表1)。伊犁河谷年平均气温8 ℃，3—10月日照时数超过2 100 h[26]。

表1 7个不同生境(地点)的地理位置

Tab.1 The geographical locations of 7 different habitats

地点	N/(°)	E/(°)	海拔/m	苹果树密度/(棵·hm^{-2})	植物种类	防治措施
1. 牛场	43.52	82.33	780	7 430	*Malua domestica* Borkh	较好果园、较差果园
2. 综合农场	43.45	82.16	800	6 540	*Malua domestica* Borkh	较好果园、较差果园
3. 库列村	43.29	82.62	1 000	8 900	*Malua domestica* Borkh	较好果园、较差果园
4. 加工厂	43.26	82.79	1 100	9 260	*Malua domestica* Borkh	较好果园、较差果园
5. 二乡	43.20	82.60	1 450	223	*Armeniaca vulgaris*	自然保护区
6. 大莫合	43.22	82.75	1 200	161	*Armeniaca vulgaris*、*Crataegus chlorocarpa*	化学防治
7. 小莫合	43.18	82.73	1 200	154	*Armeniaca vulgaris*、*Crataegus chlorocarpa*	化学防治
8. 八连	43.24	82.77	1 350	196	*Crataegus chlorocarpa*	无措施
9. 交勒赛	43.23	82.78	1 350	152	*Armeniaca vulgaris*、*Crataegus chlorocarpa*	生物防治
10. 萨哈	43.26	82.86	1 300	103	*Armeniaca vulgaris*	无措施
11. 新源	43.38	83.61	1 400	360	*Armeniaca vulgaris*	物理防治

注：1～4中较好果园采用的防治措施为物理防治和化学防治；较差果园未采用防治措施。据当地护林员介绍，在交勒赛、萨哈、八连和小莫合都有大量牧民进山砍取枝条，没有官方组织修剪枝条；官方只在新源组织人工修剪枝条措施。

1.2 调查方法

2016—2017年，选择苹果小吉丁虫对果树受害症状较明显时间，即每年的7月底8月初[19]进行野苹果林的野外调查。在每个地点选取3个样方，样方为半径20 m的圆，共调查21个样地。测量样地内每棵树的基径和胸径，统计果实产量(打下果子实际称重)及评估受害等级(表2)，同时在每棵树上随机选取2根枝条(距离地面3～5 m)，统计每根枝条的长度、基径和旧羽化孔数。旧羽化孔数指多年累计的羽化孔，实际表示的是受害累积量。新旧羽化孔在外表容易分辨。

在调查栽培苹果园(苹果树龄9 a)中，选取了巩留县的4个代表地点(综合农场、牛场、库尔德宁镇加工厂、库尔德宁镇库列村)，每个地点选取2个苹果园(大约距离50 m)，分别是管理较好的和管理较差的苹果园，共调查了8个苹果园。在每个苹果园内，随机选取60棵树，每棵树上随机取2根枝条，统计其长度和旧羽化孔数。

表2 受害等级划分方式

Tab.2 Classification of insect pests

受害等级	枯枝率
1级	0～10%
2级	11%～25%
3级	26%～50%
4级	51%～75%
5级	76%～100%

注：枯枝率=单株死亡枝条数/单株总枝条数×100%。

1.3 数据处理与分析

旧羽化孔密度/(个·m^{-1})=旧羽化孔数/枝条长度。

采用SAS 9.2软件GLM模型(新复极差法，$P<0.05$)，以地点为自变量，果实产量和旧羽化孔密度为因变量，进行7个地点间果实产量和旧羽化孔密度的差异性分析，用Origin Pro 8.0软件作图。在栽培苹果园调查的数据，以管理模式为自变量，以旧羽化孔密度为因变量，分析其差异性。

2 结果

2.1 不同地点下的受害等级

从图1可知，受害等级表示多年受害的累积量，2016年和2017年差别较小。因此，把两年的数据汇总。交勒赛、二乡和大莫合受害最轻，1级受害比例超过60%；萨哈、八连和小莫合受害情况略重，2级和3级受害比例超过50%；新源受害最为严重，4级和5级受害比例已超过70%。

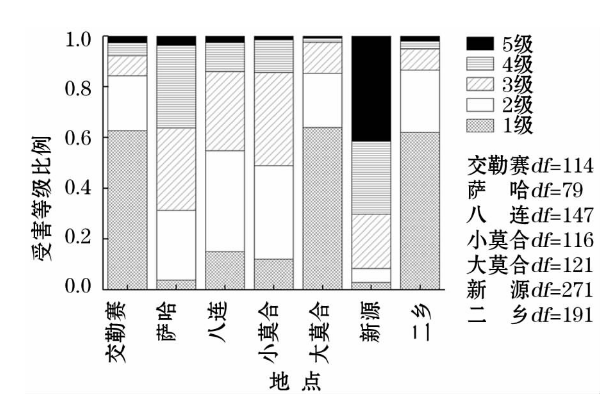
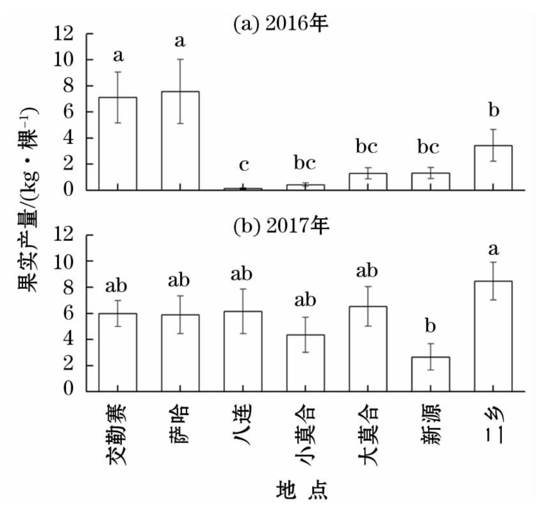


图 1　巩留和新源不同地点野苹果林的受害等级

Fig. 1　Levels of insect pests at different sites in Gongliu and Xinyuan counties



注:means ± SE。下同。

图 2　7 个地点的果实产量

Fig. 2　The fruit yieldsat7 sites

2.2　不同地点的产量比较

2016 年,7 个地点的果实产量不足 10 kg,各地点间果实产量差异显著(图 2:$df = 6, F = 7.55, P < 0.0001$)。萨哈果实产量最大,八连果实产量最低,且两个地点的果实产量有显著差异;萨哈与八连、小莫合、大莫合、新源和二乡的果实产量差异显著;八连与萨哈、交勒赛、二乡的果实产量差异显著。

2017 年,7 个地点的果实产量不足 10 kg,各地点间果实产量差异显著(图 2:$df = 6, F = 2.40, P < 0.05$)。二乡的果实产量最高,新源最低,两地点果实产量存在显著性差异;交勒赛、萨哈、八连、小莫合和大莫合的果实产量没有显著性差异。

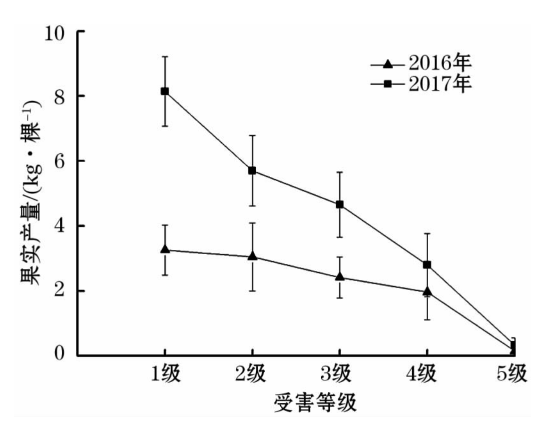


图 3　不同受害等级果树产量

Fig. 3　The fruit yields under different damage levels

2.3　不同受害等级果树的产量

2017 年平均每棵果树产量比 2016 年低,随着受害加重,果实产量随之下降,说明果实产量受苹果小吉丁虫的影响较大(图 3)。

2.4　不同地点苹果小吉丁虫旧羽化孔密度比较

2016 年,7 个地点旧羽化孔密度不足 3 个·m^{-1},各地点间旧羽化孔密度差异显著(图 4:$df = 6$,$F = 20.41, P < 0.0001$)。萨哈的旧羽化孔密度最大,新源的旧羽化孔密度最小,两地点的旧羽化孔密度有显著性差异。萨哈和其余 6 个地点(交勒赛、八连、小莫合、大莫合、新源和二乡)的旧羽化孔密度有显著性差异。新源与其余 6 个地点(交勒赛、萨哈、八连、小莫合、大莫合和二乡)的旧羽化孔密度有显著性差异。

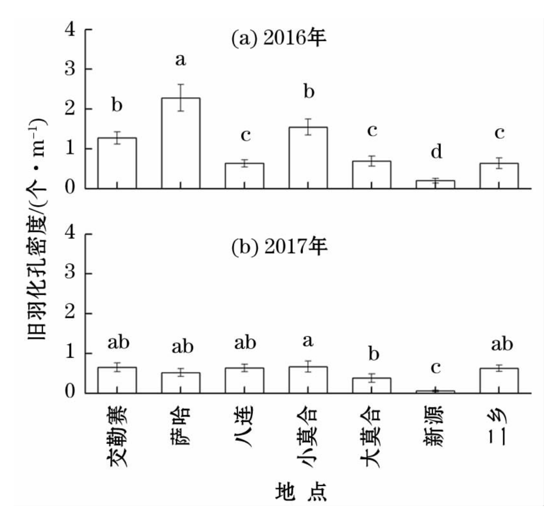
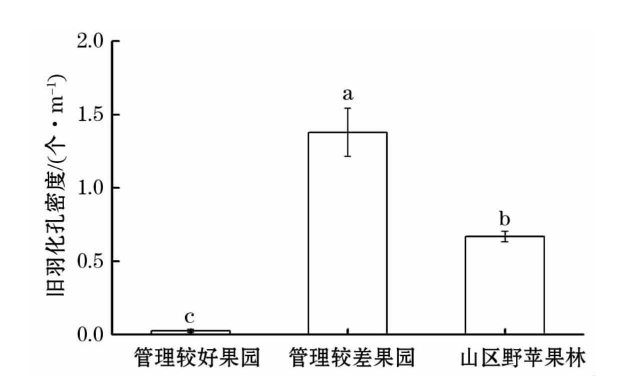


图 4　7 个样地旧羽化孔密度

Fig. 4　Old emergence hole densities at 7 sites

2017 年旧羽化孔密度比 2016 年低,各地点间旧羽化孔密度有显著性差异(图 4:$df = 6, F = 8.83$,$P < 0.0001$)。交勒赛、萨哈、八连、小莫合和二乡的旧羽化孔密度有显著性差异,新源的旧羽化孔密度最小。新源与其余 6 个地点(交勒赛、萨哈、八连、小莫合、大莫合和二乡)的旧羽化孔密度有显著性



注:管理较好的果园:修剪不良枝条、喷洒农药、及时施肥和除草等;管理较差的果园:2014—2017 年未进行管理。

图 5 2017 年栽培果园和山区野苹果林的旧羽化孔密度

Fig. 5 Old emergence hole densities in the wild apple forest planted in 2017 and in the mountainous region

差异。

2.5 栽培苹果园的受害等级

管理方式对栽培苹果园的受害影响较大。管理较好的苹果园、管理较差的苹果园和山区野苹果林的旧羽化孔密度具有显著性差异(图 5:$df=2$,$F=45.72$,$P<0.05$)。山区的旧羽化孔密度为 2016 年和 2017 年数据统计的平均值(图 4)。

3 讨 论

苹果小吉丁幼虫取食韧皮部和木质部,导致枝条干枯。笔者采用受害等级、果实产量和旧羽化孔密度指标,对调查地点的受害情况进行了综合评估,结果表明,新源改良场受害最为严重,同时也是苹果小吉丁虫入侵最早的地方之一。大莫合受害等级调查结果与刘忠权等[8]调查结果相比,受害呈现加重趋势,1 级受害增加了 20%,2 级受害下降了 30%,4 级和 5 级受害增加了 10%;小莫合调查结果与刘忠权等调查结果相比,受害呈现加重趋势,1 级受害下降 30%,3 级受害增加 25%,4 级和 5 级受害增加 10%;八连的 1 级受害下降 60%,3 级、4 级和 5 级受害增加了 50%,受害比例加重。萨哈受苹果小吉丁虫的危害较重,在萨哈调查区,未采取任何防治措施。交勒赛、大莫合和二乡的受害程度最轻,可能是由于交勒赛从 2012 年开始释放天敌;大莫合连续多年进行飞防工作,效果较好[27];在调查过程中了解到二乡进行了建立保护区的防治措施,发现有很多的新发幼苗,野苹果树有自我恢复迹象,天敌蜜源丰富,栖息地增加,可能对抑制苹果小吉丁虫的危害起到一定效果。

各地点间果实产量具有显著性差异(图 2),这与各个地点的受害情况(图 1)、果树受害等级(图 3)、害虫密度、入侵早晚和小生境的微环境等有关[28-29]。1993 年之前,20 世纪 50—80 年代的野苹果树平均每棵果实产量大约 90 kg[1];2016 年和 2017 年,平均每棵树的果实产量不足 10 kg,产量大幅度下降,苹果小吉丁虫对果实产量影响较大(图 3)。在调查过程中发现,野苹果树 5 月初开花量较大,但在 7 月底 8 月初发现果实产量很少,害虫入侵影响吸取养分,导致树木养分利用不足,坐果率下降,出现有花少果或者无果现象。果实产量下降导致苹果籽产量急剧下降,从而影响野苹果的种子库存量、遗传信息多样性丢失及其种群繁衍。种子在生态系统和植被恢复中占有非常重要的地位[30-34],对种群的繁衍和种群破坏后的恢复有着特别的意义。冯涛等[35]研究表明,野苹果种群正处于衰老阶段,因此加强对苹果小吉丁虫的防控,对增加结果量有重要作用,可从根本上增加野苹果的种子库存量,利于更新。

尽管新源的危害最严重,但旧羽化孔密度最小,这是由于新源改良场进行了人工修剪枝条的防治措施。调查中发现各样点都有牧民砍取枝条的现象,这可能是 2017 年各地点旧羽化孔密度有所下降的原因。所以,在评估区域性野苹果受害情况时,应该注意这个问题。

栽培苹果园不同于山区的野果林,但果园系统的害虫受害及其管理对野果林的害虫防治有指导价值。在管理较好的果园,果农每年在秋季都会进行修剪枝条,集中焚烧被苹果小吉丁虫危害过的枝条,这样会减少第 2 年的羽化的苹果小吉丁虫的基数;在当年 5—8 月也会进行其他害虫防治,喷洒农药,对于羽化后的苹果小吉丁成虫种群数量影响较大,从而能遏制苹果小吉丁虫种群发展[36];在管理较差的苹果园,果农放弃管理,害虫种群数量持续增加,很多果树不结果。所以,在山区应采取一些必要的防治措施,且措施要落到实处,可以抑制苹果小吉丁虫的泛滥。

在放牧区和未放牧区调查中发现,新发幼苗数量差别较大,未放牧区的幼苗数量是放牧区的 20 倍左右。在放牧区,牲畜和人为活动(为牲畜储备饲料)会破坏新发野苹果幼苗,严重影响野苹果林生态系统的恢复和更替。建议建立起更好的保护更新苗的措施。

苹果小吉丁虫对野苹果树的危害具有逐年累积效应,苹果树受害后,树势变弱,抗性下降,为苹果腐烂病及其他有害生物的侵入创造了有利条件,从而加速野苹果树的死亡[37]。根据综合评估各地点的受害情况,提出以下管理措施:第一,建议分区管理,建议 7 个地点都应采取人工修剪枝条的防治措施,集中销毁带有虫斑的枝条,减少虫源,防止该害虫的蔓延;大莫合和小莫合(野苹果林面积大,地势平坦,适合飞机作业)相距较近,已连续 3 a 采取飞机喷洒农药的措施,效果较好[27]。交勒赛(野苹果林零星分布,分布海拔差异较大)从 2012 年释放天敌,受害较轻,可采取生物防治措施;萨哈受害较重,地势平坦,适合人工修剪枝条和生物防治;在萨哈,释放过天敌的地点比其他未释放天敌的地点受害较轻;建议在条件成熟的地方(八连和二乡),结合生态建设,采用人工修剪枝条和生物防治这两种措施,同时建立保护区,帮助幼苗生长和种群恢复。综上所述,在整个区域内,因地制宜,可集成多种技术,实现对害虫综合防治,帮助新发幼苗的生长和野苹果种群的恢复,保护野果林珍贵的天然基因库和生态环境。

参考文献(References):

〔1〕 王磊. 新疆野苹果和新疆野杏〔J〕. 新疆农业科学,1989,32(6):33 - 34.〔Wang Lei. *Malus sieversii* and *Armeniaca vulgaris*〔J〕. Xinjiang Agricultural Sciences,1989,32(6):33 - 34.〕

〔2〕 Archetti M. Evidence from the domestication of apple for the maintenance of autumn colours by coevolution〔J〕. Proceedings Biological Sciences,2009,276(1 667):2 575.

〔3〕 李飞飞,崔大方,廖文波,等. 中国新疆野苹果(*Malus sieversii* (Ldb.)Roem.)种群地理分布格局及其遗传关系研究〔J〕. 干旱区地理,2011,34(6):926 - 932.〔Li Feifei,Cui Dafang,Liao Wenbo,et al. Geographic distribution pattern and genetic relationship of *Malus sieversii* (Ldb.)Roem. in China〔J〕. Arid Zone Research 2011,34(6):926 - 932.〕

〔4〕 Richards C M,Volk G M,Reilley A A,et al. Genetic diversity and population structure in *Malus sieversii*,a wild progenitor species of domesticated apple〔J〕. Tree Genetics & Genomes,2009,5(2):339 - 347.

〔5〕 魏景利,冯涛,张春雨,等. 新疆野苹果种质资源的研究与应用〔J〕. 落叶果树,2009,41(4):16 - 18.〔Wei Jingli,Feng Tao,Zhang Chunyu,et al. Study and application of *Malus sieversii* germplasm resources〔J〕. Deciduous Fruit Tree,2009,41(4):16 - 18.〕

〔6〕 陈灵芝. 中国的生物多样性现状及其保护对策〔M〕. 北京:科学出版社,1993:194 - 197.〔Chen Lingzhi. The Present Situation of Biodiversity and Its Protection Countermeasures in China〔M〕. Beijing:Science Press,1993:194 - 197.〕

〔7〕 傅立国. 中国植物红皮书〔M〕. 北京:科学出版社,1991.〔Fu Liguo. China Plant Red Data Book〔M〕. Beijing:Science Press,1991.〕

〔8〕 刘忠权,陈卫民,许正,等. 新疆天山西部野苹果林分布与苹果小吉丁虫受害现状研究〔J〕. 北方园艺,2014(17):121 - 124.〔Liu Zhongquan,Chen Weimin,Xu Zheng,et al. *Malus sieversii* forest distribution and *Agrilus mali* Matsumura status of damage in the west part of Tianshan mountains〔J〕. Northern Horticulture,2014(17):121 - 124.〕

〔9〕 崔晓宁,刘德广,刘爱华. 苹果小吉丁虫综合防控研究进展〔J〕. 植物保护,2015,41(2):16 - 23.〔Cui Xiaoning,Liu Deguang,Liu Aihua. Research progress in integrated management of *Agrilus mali*〔J〕. Plant Protection,2015,41(2):16 - 23.〕

〔10〕 李孟楼,张正青. 苹果小吉丁虫的生物学及其生活史讨论〔J〕. 西北林学院学报,2017,32(4):139 - 146.〔Li Menglou,Zhang Zhengqing. Discussion on biology and life history associated with *Agrilus mali* Matsumura〔J〕. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(4):139 - 146.〕

〔11〕 王成育. 尖扎县苹果小吉丁虫防治技术〔J〕. 青海农技推广,2006(1):39 - 40.〔Wang Chengyu. Jianzha county *Agrilus mali* Matsumura control technology〔J〕. Agricultural Technology Extension in Qinghai,2006(1):39 - 40.〕

〔12〕 屈巧凤,张庆吉,曾兆连,等. 苹果小吉丁虫的发生规律及防治〔J〕. 北方农业学报,1998(6):29 - 30.〔Qu Qiaofeng,Zhang Qingji,Zeng Zhaolian,et al. The occurrence and control of *Agrilus mali* Matsumura〔J〕. Agricultural Journal of the North,1998(6):29 - 30.〕

〔13〕 郑坚武,杜娟,刘箐,等. 天水苹果病虫害种类及发生动态调查研究〔J〕. 西北农业学报,2009,18(2):293 - 298.〔Zheng Jianwu,Du Juan,Liu Jing,et al. Investigation and study on species and occurrence of diseases and pests of apple in Tianshui〔J〕. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2009,18(2):293 - 298.〕

〔14〕 蔡聪,高九思,高阳. 河南省苹果园有害昆虫种群结构及为害性调查〔J〕. 陕西农业科学,2011,57(1):35 - 38.〔Cai Cong,Gao Jiusi,Gao Yang. Investigation on the population structure and pest in the apple orchard in Henan〔J〕. Agricultural Science in Shaanxi,2011,57(1):35 - 38.〕

〔15〕 刘旭,石万成,李建荣. 四川西部高原苹果害虫区系研究〔J〕. 西南大学学报(自然科学版),1999(1):68 - 70.〔Liu Xu,Shi Wancheng,Li Jianrong. The fauna of apple pests in the Western Plateau of Sichuan〔J〕. Journal of Southwestern University(Natural Science Edition),1999(1):68 - 70.〕

〔16〕 谭晓华,马学林,孔宝华,等. 受害云南丽江苹果的病虫害种类及其发生规律〔J〕. 云南农业大学学报,2016,31(1):54 - 61.〔Tan Xiaohua,Ma Xuelin,Kong Baohua,et al. The Investigation and epidemic study on apple diseases and harmful insects in Lijiang,Yunnan Province〔J〕,2016,31(1):54 - 61.〕

〔17〕 王春晓,赵福,赵健桐,等. 新疆发生苹果小吉丁虫〔J〕. 新疆农业科学,1995,38(5):225 - 226.〔Wang Chunxiao,Zhao Fu,Zhao Jiantong,et al. Xinjiang *Agrilus mali* Matsumura〔J〕. Xinjiang Agricultural Sciences,1995,38(5):225 - 226.〕

〔18〕 黄建平,何海明,银建民,等. 伊犁地区果树发生苹果小吉丁虫〔J〕. 农药市场信息,2000,1(6):25.〔Huang Jianping,He Haim-

ing, Yin Jianmin, et al. The occurrence of *Agrilus mali* Matsumura in Yili〔J〕. Pesticide Market Information, 2000, 1(6): 25.〕

〔19〕王智勇. 新疆野苹果林苹小吉丁虫生物防治技术研究〔D〕. 北京:中国林业科学研究院, 2013.〔Wang Zhiyong. Researchs on Biological Control of *Agrilus mali* Matsumura (Coleoptera: Buprestidae) in Stands of *Malus sieversii* in Xinjiang〔D〕. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2013.〕

〔20〕刘爱华, 王玉兰, 阿里木. 两种药剂防治苹果小吉丁虫试验〔J〕. 新疆农业科学, 2005, 42(增刊1): 101－102.〔Liu Aihua, Wang Yulan, A Limu. Two types of chemical control *Agrilus mali* Matsumura test〔J〕. Xinjiang Agricultural Sciences, 2005, 42(Suppl. 1): 101－102.〕

〔21〕刘爱华. 新疆野果林苹果小吉丁与优势天敌生物学、生态学研究〔D〕. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2010.〔Liu Aihua. The Biology and Ecology of Xinjiang Wild Apple Forest *Agrilus mali* and the Dominant Natural Enemies〔D〕. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2010.〕

〔22〕王智勇, 杨忠岐, 张彦龙, 等. 利用4种肿腿蜂(膜翅目:肿腿蜂科)防治受害新疆野苹果林的苹小吉丁(鞘翅目:吉丁甲科)〔J〕. 林业科学, 2014, 50(8): 97－101.〔Wang Zhiyong, Yang Zhongqi, Zhang Yanlong, et al. Biological control of *Agrilus mali* (Coleoptera: Buprestidae) by applying four species of bethylid wasp (Hymenoptera: Bethylidae) on *Malus sieversii* in Xinjiang〔J〕. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(8): 97－101.〕

〔23〕段勤考. "开沟涂药"防治苹果小吉丁虫效果好〔J〕. 西北园艺, 1995, 1(2): 39－39.〔Duan Qinkao. "Ditching besmear medicine" in the prevention and treatment of *Agrilus mali* Matsumura〔J〕. Northwest Horticulture, 1(2): 39－39.〕

〔24〕Klooster W S, Herms D A, Knight K S, et al. Ash (Fraxinus spp.) mortality, regeneration, and seed bank dynamics in mixed hardwood forests following invasion by emerald ash borer (*Agrilus planipennis*)〔J〕. Biological Invasions, 2014, 16(4): 859－873.

〔25〕Smith A. Effects of Community Structure on Forest Sus-ceptibility and Response to the Emerald Ash Borer Invasion of the Huron River Watershed in Southeastern Michigan〔M〕. Ohio: The Ohio State University, 2006.

〔26〕张军民. 伊犁河流域气候资源特点及其时空分布规律研究〔J〕. 干旱气象, 2006, 24(2): 1－4.〔Zhang Junmin. Study on temporal and spatial distribution of climate resource in Yili River basin〔J〕. Arid Meteorology, 2006, 24(2): 1－4.〕

〔27〕刘爱华, 张新平, 岳朝阳, 等. 飞机超低量喷雾防治天山野果林苹果小吉丁防效研究〔J〕. 新疆农业科学, 2016, 53(11): 1－7.〔Liu Aihua, Zhang Xinping, Yue Zhaoyang, et al. Preliminary Exploration of the control effect of aerially spraying to control *Agrilus mali* Matsumura with ultra: Low volume in wild fruit forests〔J〕. Xinjiang Agricultural Sciences, 2016, 53(11): 1－7.〕

〔28〕刘天军, 蔡起华, 朱玉春. 气候变化对苹果主产区产量的影响——来自陕西省6个苹果生产基地县210户果农的数据〔J〕. 中国农村经济, 2012(5): 32－40.〔Liu Tianjun, Cai Qihua, Zhu Yuchun. The impact of climate change on the yield of the major apple producing areas: Data from 210 fruit growers in 6 apple production bases in Shaanxi〔J〕. Chinese Rural Economy, 2012(5): 32－40.〕

〔29〕河北农业大学. 果树栽培学各论〔M〕. 保定:农业出版社, 1987.〔Agricultural University of Hebei. The Theory of Fruit Tree Cultivation〔M〕. Baoding: Agriculture Press, 1987.〕

〔30〕Grime J P. Foreword: Seed Banks in Ecological Perspective〔M〕. Ecology of Soil Seed Banks, 1989: xv－xxii.

〔31〕Fenner M. Seed ecology〔J〕. Seed Ecology, 1985, 2(1): 23.

〔32〕Alexander R W, Harvey A M, Calvo A, et al. Natural stabilisation mechanisms on badland slopes: Tabernas, Almeria, Spain〔J〕. 1994, 1(1): 85－110.

〔33〕Gibson, Charlie. Nature management by grazing and cutting〔C〕// Nature Management by Grazing and Cutting. Springer Netherlands, 1989.

〔34〕Macdonald N, Watkinson A R. Models of an annual plant population with a seed bank〔J〕. Journal of Theoretical Biology, 1981, 93(3): 643－653.

〔35〕冯涛, 张艳敏, 陈学森. 新疆野苹果居群年龄结构及郁闭度研究〔J〕. 果树学报, 2007, 24(5): 571－574.〔Feng Tao, Zhang Yanmin, Chen Xuesen. Study on the age structure and density of the wild apple forest of *Malus sieversii*〔J〕. Journal of Fruit Science, 2007, 24(5): 571－574.〕

〔36〕张富治. 苹小吉丁虫的发生规律及综合防治〔J〕. 山西果树, 2008(3): 51－52.〔Zhang Fuzhi. The occurrence regularity and comprehensive control of Agrilus mali〔J〕. Shanxi Fruits, 2008(3): 51－52.〕

〔37〕刘爱华, 张新平, 温俊宝, 等. 天山野苹果林苹果小吉丁与苹果腐烂病复合受害研究〔J〕. 新疆农业科学, 2014, 51(12): 2 240－2 244.〔Liu Aihua, Zhang Xinping, Wen Junbao, et al. Preliminary research on the composite damage of *Agrilus mali* matsumura and *Valsa mali* Miyabe et Yamada in wild apple trees in Tianshan Mountain〔J〕. Xinjiang Agricultural Sciences, 2014, 51(12): 2 240－2 244.〕

Damage of Agrilus mali Matsumura in Wild Apple Forest and Its Assessment

CUI Zhi-jun[1,2], ZHANG Yan-long[3], LUO Zhao-hui[1], GAO Gui-zhen[4],
MA Huai-liang[5], HAN Peng[1], Lv Zhao-zhi[1]

(1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi* 830011, *Xinjiang, China*;
2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*;
3. *Key Laboratory of Forest Protection, State Forestry Administration; Institute of Forest Ecology, Environment and Protection Research, Chinese Academy of Forestry, Beijing* 100091, *China*;
4. *College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi* 830052, *Xinjiang, China*;
5. *Gongliu Forestry Bureau, Gongliu County* 835400, *Xinjiang, China*)

Abstract: *Agrilus mali* Matsumura causes a severe damage to the wild apple forests in the north Tianshan Mountains in Xinjiang since an invasion of insect pests from 1995. However, an assessment on the regional damage of insect pests is missed. In this study, the damage level of *A. mali* and its impacts on the wild apple forests, fruit yield, old emergence hole density, etc. of wild apple trees in Xinyuan and Gongliu counties, where the wild apple trees grow widely, Xinjiang, wereinvestigated. It was found that the damage of insect pests was the most serious in the Agricultural Improvement Farm in Xinyuan County, but it was the lightest in Jiaolesay, Second Township and Damohe. There was a significant difference in the old emergence hole density because of the difference of *A. mali* density and of fruit yield among seven sites. In apple orchards with the enhanced management, the infestation level was much lower. Therefore, it was suggested to extensively carry out the pruning at the sites with serious damage of insect pests. Insecticide spray by aircraft is thus recommended in the regions suitable for aircraft flight. Protected areas should be delimited and the pruning and bio-control programs could be applicable in the regions where local people cannot get easy access in the wild apple forests.

Key words: wild apple forest; *Agrilus mali* Matsumura; damage level; fruit yield; emergence hole density; north Tianshan Mountains; Xinjiang